

**PEMANFAATAN BIO-ELASTOMER MINYAK KELAPA SAWIT
UNTUK PEMBUATAN BARANG JADI KARET*****THE UTILIZATION BIO-ELASTOMER OF PALM OIL FOR PRODUCING
RUBBER GOODS PRODUCT*****Sherly Hanifarianty^{1*}, dan Mili Purbaya²**¹ Balai Penelitian Teknologi Karet, Pusat Penelitian Karet, Jalan Salak No. 1 Bogor² Pusat Penelitian Karet Sembawa, Jalan Raya Palembang – Pangkalan Balai KM 29 Sembawa,

*main contributor and corresponding author

Correspondence: sherlyhanifarianty@yahoo.co.id

Diterima: 16 September 2019; Direvisi: 17 Juni 2020; Disetujui: 18 Juni 2020

Abstrak

Pemanfaatan sumber daya alam di Sumatera Selatan seperti minyak kelapa sawit telah dilakukan pada penelitian ini untuk menghasilkan barang jadi karet yang mudah diaplikasikan di masyarakat. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh kadar elastomer bersumber dari minyak kelapa sawit terhadap karakteristik pematangan kompon, sifat mekanik kompon dan ketahanan minyak vulkanisat barang jadi karet. Penelitian ini memiliki beberapa variabel jumlah elastomer di antara nya adalah A_0 : 0 phr, A_1 : 2.5 phr, A_2 : 5 phr, A_3 : 7.5 phr, A_4 : 10 phr, A_5 : 12.5 phr dan A_6 : 15 phr. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan elastomer dapat meningkatkan nilai kekerasan, kekuatan sobek dan pampatan tetap. Sebaliknya, penambahan elastomer dapat menurunkan nilai tegangan putus, perpanjangan putus, ketahanan retak lentur dan kepegasan pantul. Untuk hasil pengujian ketahanan minyak, formula A_1 memiliki nilai perubahan massa yang paling kecil, sehingga formula kompon ini dapat dikembangkan menjadi produk yang tahan terhadap minyak.

Kata kunci : barang jadi karet, bioelastomer, karet alam, minyak kelapa sawit

Abstract

The utilization of natural resources in South Sumatra such as palm oil has been done in this study to produce rubber goods which are easily applied in society. This research was done to investigate the effect of elastomer from palm oil to curing characteristics, mechanical properties, and oil resistance of vulcanizate of rubber-finished goods. This research has some variabel number of elastomers, they are A_0 : 0, A_1 : 2.5, A_2 : 5, A_3 : 7.5, A_4 : 10, A_5 : 12.5 and A_6 : 15 (phr). The results performed addition of elastomers could increase value of hardness, tear strength, and compression set. Whereas addition of elastomers could reduce value of tensile strength, elongation at break, flex crack resistance and rebound resilience. The oil resistance results performed that the A_1 formula has the smallest value of mass change so the compound formula could be developed into a new product that is resistant to oil.

Keywords: rubber goods product, bioelastomer, natural rubber, oil palm

PENDAHULUAN

Indonesia menduduki nomor pertama dalam hal ekspor kelapa sawit dengan volume mencapai 25.8 juta ton, sedangkan Malaysia merupakan pengeksport kelapa sawit terbesar kedua yaitu 18 juta ton (Index Mundi, 2016). Kelapa sawit merupakan penghasil minyak nabati yang dapat dikonsumsi, dapat dijadikan bahan baku produk kecantikan/kosmetik, dan dapat juga dijadikan sebagai sumber bioenergi/biofuel (Naibaho, 1996; Mahajoeno *et al.*, 2008; Wahyuni, 2013). Minyak kelapa sawit merupakan minyak yang paling efisien karena memiliki

rendemen 21% dengan produksi 6-8 ton/ha/tahun, jika dibandingkan dengan minyak tumbuhan yang lain, seperti kelapa, kedelai dan bunga matahari (Sunarko, 2009; Simeh, 2004; Susila, 1998). Pada umumnya minyak kelapa sawit hanya diolah menjadi minyak untuk masakan, padahal sebenarnya asam lemak tidak jenuh kelapa sawit memiliki kadar yang tinggi, yaitu asam oleat (30-45%) dan asam linoleat (7-11%) (Ketaren, 1986). Minyak kelapa sawit dapat dikembangkan menjadi produk bio-elastomer.

Biasanya, elastomer bersumber dari minyak bumi yang sifatnya tidak dapat diperbaharui (*non-renewable*). Namun

dalam pembuatan bio-elastomer ini, digunakan sumber daya alam lokal yang dapat diperbaharui (*renewable*), yaitu minyak kelapa sawit.

Elastomer yang bersumber dari minyak nabati, akan tetapi tidak secara langsung mensintesis minyak nabati, hanya turunan asam lemaknya (*fatty acid derivatives*) (Cordier *et al.*, 2008). Elastomer tersebut memiliki sifat memperbaiki diri sendiri (*self healing ability*) (Montarnal *et al.*, 2008). *Self healing ability* merupakan sifat elastisitas dan dapat menyatu kembali setelah diputuskan. Purbaya (2013) telah mencoba melakukan sintesis polimer bersumber dari bahan nabati yaitu minyak bunga matahari, akan tetapi hasil karet kompon yang didapatkan hanya memiliki sedikit sifat *self healing ability*.

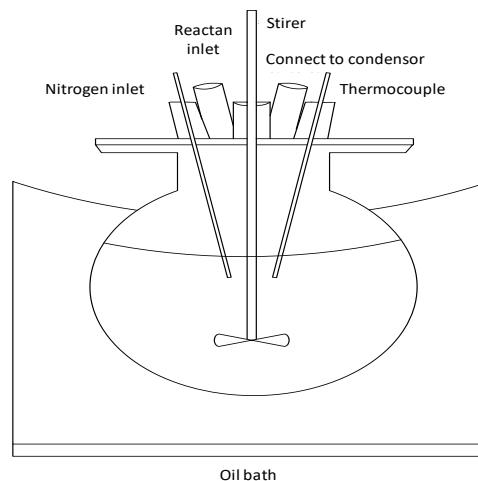
Untuk penggunaan minyak kelapa sawit sebagai bahan tambahan pada pemanfaatan kompon karet, Lee *et al.*, (2019) mengkaji penggunaan minyak kelapa sawit sebagai bahan tambahan dalam pembuatan ban dan hasilnya menunjukkan bahwa minyak kelapa sawit berpotensi sebagai bahan tambahan baru untuk performa ban lebih baik. Sedangkan Lee dan Song (2019) juga membuktikan bahwa penambahan minyak kepala sawit pada komposit karet memberikan sifat mekanik vulkanisat yang baik dan juga elastomer yang lebih kuat (Song, 2018).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh elastomer dari minyak kelapa sawit terhadap karakteristik pematangan kompon, sifat mekanik kompon dan ketahanan minyak vulkanisat barang jadi karet.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa bahan antara lain minyak kelapa sawit, seng oksida, asam stearat, MBT, dan belerang. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah reaktor yang memiliki penutup berleher lima (Gambar 1), pengaduk mekanik, *heating mantle*, dan kondensor.



Gambar 1. Reaktor penutup berleher lima

Prosedur Penelitian

Penelitian ini meliputi beberapa kegiatan, diantaranya adalah sintesis elastomer, pembuatan kompon karet dan elastomer, pengujian karakterisasi pematangan kompon, pengujian sifat mekanik kompon dan pengujian ketahanan minyak kompon (Gambar 2). Penelitian ini juga dilakukan pada skala laboratorium dengan variable jumlah elastomer antara lain 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5 dan 15.

Persiapan Sintesis Elastomer

Pembuatan Asam Dimer

Asam dimer dapat diturunkan dari asam linoleat yang terkandung dalam minyak nabati. Asam dimer yang diperoleh dari asam linoleat biasanya menggunakan reaksi *Diels-Alder* (Harwood, 1962). Minyak kelapa sawit terlebih dahulu dicampur dengan iodine kemudian diaduk dengan pengaduk mekanis pada suhu kamar. Banyaknya iodine yang ditambahkan adalah 0.1% dari berat minyak. Kemudian campuran dimasukkan ke dalam reaktor yang dilengkapi dengan kondensor, *thermocouple*, dan *dropping funnel* untuk menambahkan asam akrilat.

Dosis penambahan asam akrilat dibuat bervariasi yaitu 12 % dan 24 % dari berat minyak nabati. Campuran dipanaskan pada suhu 230 - 250 °C. Setelah itu pada suhu 230 °C, penambahan asam akrilat secara perlahan-lahan dilakukan (1 – 2 jam). Setelah selesai, campuran didiamkan di

suhu ruangan. Hasilnya yaitu asam dimer (tidak larut jika di dalam air dan larut jika di dalam bahan organik) (Kadesc, 1979).



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Dosis penambahan asam akrilat dibuat bervariasi yaitu 12 % dan 24 % dari berat minyak nabati. Campuran dipanaskan pada suhu 230 - 250 °C. Setelah itu pada suhu 230 °C, penambahan asam akrilat secara perlahan-lahan dilakukan (1 – 2 jam). Setelah selesai, campuran didiamkan di suhu ruangan. Hasilnya yaitu asam dimer (tidak larut jika di dalam air dan larut jika di dalam bahan organik) (Kadesc, 1979).

Pembuatan Oligoamide

Oligoamide diperoleh dengan mereaksikan asam dimer dengan diethylenetriamine (DETA) didalam reaktor yang dilengkapi dengan kondensor, *thermocouple*, pengaduk mekanis dan nitrogen inlet. Dosis DETA yang digunakan dibuat adalah 50% dari berat asam dimer.

Campuran oligoamide dan DETA dipanaskan sampai suhu 120 °C dengan aliran nitrogen sampai campuran menjadi transparan. Suhu campuran kemudian dinaikkan sampai suhu 160 °C selama 6 – 7 jam sambil dialiri gas nitrogen.

Campuran yang diperoleh didinginkan pada suhu kamar. Campuran yang telah dingin kemudian dilarutkandalam 250 gram kloroform dan

kemudian dicuci sebanyak lima kali dengan larutan methanol (campuran 120 gram methanol dan 300 gram air). Oligoamide yang diperoleh tersimpan sebagai larutan dalam kloroform.

Sintesis Bioelastomer

Sintesis bioelastomer dilakukan dengan mereaksikan oligoamide dengan urea. Sebelum sintesis dilakukan, kloroform sebagai pelarut oligoamide dikurangkan volumenya menjadi satu pertiga bagian dari volume awal kloroform yang dilakukan dengan destilasi.

Oligoamide yang telah berkurang kandungan kloroformnya kemudian dimasukkan ke dalam reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk mekanis, *thermocouple*, dan inlet untuk menambahkan urea. Oligoamide dipanaskan pada suhu 80 °C dengan aliran nitrogen selama 30 menit. Kemudian, urea ditambahkan ke dalam reaktor dengan dosis 25 persen dari berat oligoamide. Campuran kemudian dipanaskan pada suhu 160 °C. Temperatur dipertahankan sampai campuran menjadi kental dan naik ke pengaduk mekanis sebagai tanda bahwa reaksi telah sempurna.

Pencampuran Elastomer dan Karet alam

Pencampuran elastomer dan karet alam dilakukan menggunakan mesin giling terbuka dengan berbagai variasi perbandingan elastomer dan karet alam. Uji mutu dilakukan berdasarkan Tabel 1 terhadap karakteristik vulkanisasi dan sifat fisik vulkanisat untuk mengetahui pengaruh penambahan jumlah elastomer pada kompon karet

Pengujian Kompon

Hasil kompon dianalisa dengan menggunakan Rheometer berdasarkan ASTM 5289. Kompon yang dihasilkan dilakukan pengujian karakteristik pematangan (*curing characteristic*) dengan alat *Rheometer* 150 °C sesuai dengan ASTM 5289, yaitu metode standar untuk karet vulkanisat.

Tabel 1. Formulasi kompon karet

Sampel kompon	Karet alam	Elastomer	Seng oksida	Asam stearat	MBT	Belerang
A0	100	0	6	0,5	0,5	3,5
A1	100	2,5	6	0,5	0,5	3,5
A2	100	5	6	0,5	0,5	3,5
A3	100	7,5	6	0,5	0,5	3,5
A4	100	10	6	0,5	0,5	3,5
A5	100	12,5	6	0,5	0,5	3,5
A6	100	15	6	0,5	0,5	3,5

Catatan: A0 = kontrol

Untuk pengujian sifat mekanik kompon, parameter ujinya adalah kekerasan dengan menggunakan panduan analisa di ASTM D.2240-15, tegangan putus dengan menggunakan panduan analisa di ASTM D.412-16, perpanjangan putus dengan menggunakan panduan analisa di ASTM D.412-16, kekuatan sobek dengan menggunakan panduan analisa di ASTM D.624-00(ra2012), ketahanan retak lentur dengan menggunakan panduan analisa di ASTM D.624-00(ra2012), uji kepegasan pantul (Lupke) dengan menggunakan panduan analisa di ISO 4662:2017 dan uji pampatan tetap dengan menggunakan panduan analisa di ASTM D.395-16e1.

Pengujian terhadap minyak dilakukan dengan cara melakukan perendaman kompon *blending* karet alam dan elastomer di dalam minyak selama beberapa hari. Minyak yang akan digunakan adalah oli mesin. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan metode ISO 1817:2005. Kompon vulkanisat diuji ketahanan kompon terhadap minyak dengan menggunakan minyak oli mesran SAE 40.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pematangan Kompon

Tabel 2 merupakan karakteristik pematangan kompon yang beberapa parameternya meliputi torsi maksimum, torsi minimum, delta torsi, waktu pematangan optimum kompon dan waktu scorch kompon. Torsi maksimum dari delta torsi meningkat seiring dengan penambahan elastomer. Hal ini menunjukkan bahwa elastomer yang ditambah pada kompon dapat meningkatkan derajat ikatan silang, ikatan yang terbentuk di dalam jaringan

dinamakan delta torsi (Jovanovic *et al.*, 2009). Untuk penurunan perpanjangan putus dan peningkatan kekerasan didapatkan dari jumlah besaran ikatan silang (Fathurrohman dan Cifriadi, 2015).

Waktu *scorch* memberikan gambaran waktu yang diperlukan sebelum proses vulkanisasi sehingga dapat memadai untuk proses lanjutan. Proses tersebut meliputi pengaliran, pengisian dan pengempaan kompon (Alfa, 2005). Tabel 2 menunjukkan bahwa penambahan elastomer menunjukkan waktu yang relative pendek jika dibandingkan dengan kontrol.

Berdasarkan Table 2, penambahan elastomer dapat menurunkan waktu pematangan kompon. Hal tersebut dikarenakan elastomer yang cenderung cair sehingga cenderung cepat untuk dimasak. Sedangkan untuk penambahan urea pada penelitian ini sebesar 50% b/b minyak sehingga menghasilkan elastomer dengan tekstur masih lembut atau lunak (Gambar 3).

Penambahan elastomer dapat meningkatkan karakteristik vulkanisasi dan derajat ikatan silang kompon karet. Mekanisme reaksi sulfur vulkanisasi tanpa penambahan elastomer dapat dilihat pada Gambar 4 (Kruzalak *et al.*, 2017; Mostoni *et al.*, 2019). Reaksi dimulai dengan interaksi activator (asam stearate dan zinc oksida) membentuk garam yang akan bereaksi dengan akselerator (MBT) untuk membentuk kompleks zinc akselerator. Kompleks ini akan bereaksi dengan sulfur untuk membentuk agent sulfuring aktif. Agent ini akan bereaksi dengan rantai karet sehingga membentuk ikatan silang diantara rantai-rantai karet, kemudian melepaskan complex zinc akselerator. Dengan penambahan elastomer,

elastomer dapat meningkatkan *reactivity* dari *complex* zinc akselerator sehingga meningkatkan derajat ikatan silang pada kompon karet. Hal ini dapat terjadi karena elastomer mengandung gugus fungsi amine yang merupakan hasil reaksi asam dimer, diethylene diamine dan urea (Purbaya *et al.*, 2015), gugus fungsional ini dapat meningkatkan *reactivity* dari *complex suphuring agent*, sehingga derajat ikatan silang karet akan meningkat. Disamping itu, untuk ketebalan karet juga dapat mempengaruhi keseragaman pematangan kompon (Ibrahim *et al.*, 2018).

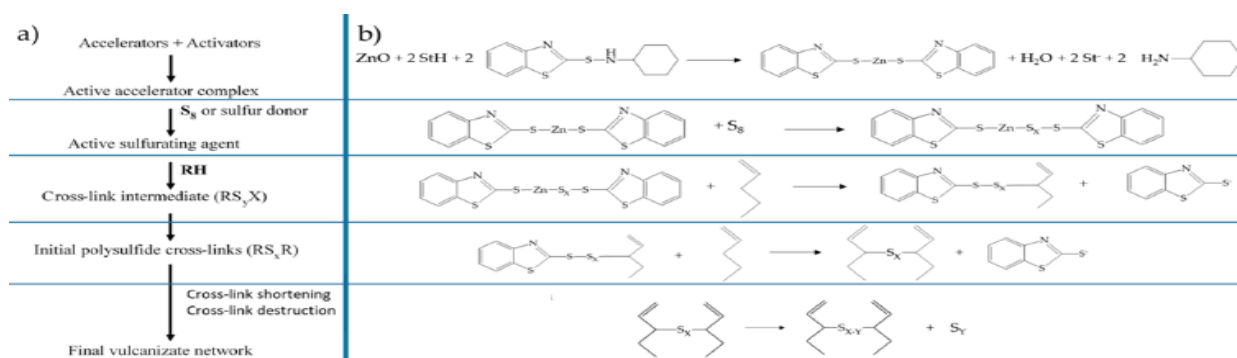


Gambar 3. Elastomer dari minyak kelapa sawit

Tabel 2. Karakteristik pematangan kompon

Sampel kompon	S _{max} (Kg/cm)	S _{min} (Kg/cm)	ΔS (Kg/cm)	t ₉₀ (min, sec)	ts ₂ (min, sec)
0	4,84	0,43	4,41	21;21	8;53
A1	8,69	0,68	8,01	19;41	2;50
A2	8,56	0,73	7,83	19;23	2;37
A3	7,80	0,62	7,18	17;48	2;23
A4	7,59	0,67	6,92	15;49	2;10
A5	7,59	0,67	6,92	15;49	2;10
A6	7,25	0,73	6,52	14;27	2;04

Catatan: A0 = kontrol



Gambar 4. Mekanisme reaksi sulfur vulkanisasi (a) dan tahapan vulkanisasi (Mostoni *et al.*, 2019).

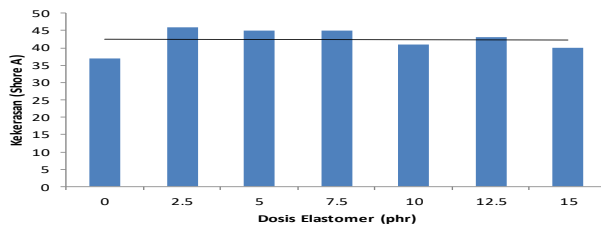
Sifat Mekanik Vulkanisat

Untuk sifat mekanik vulkanisat, beberapa parameternya adalah pengujian kekerasan, pengujian tegangan putus, pengujian perpanjangan putus, pengujian kekuatan sobek, pengujian ketahanan retak lentur, pengujian kepegasan pantul (*Lupke*) dan pengujian pampatan tetap (*compression set*).

Nilai kekerasan didapatkan dari pengujian dengan kekuatan penekanan tertentu. Berdasarkan Pornprasit, R *et al.*, (2016) pernah meneliti bahwa teknik FT-NIR dapat juga dilakukan untuk analisa kekerasan sifat vulkanisat. Jenis bahan pengisi dan jenis bahan pelunak merupakan faktor-faktor yang dapat

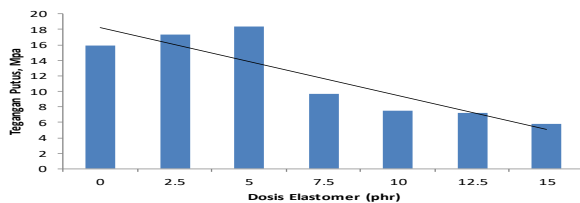
merubah nilai kekerasan. Berdasarkan Gambar 4, perlakuan kontrol berbeda dengan perlakuan penambahan elastomer. Carli *et al.*, (2011) menyatakan bahwa hal ini dimungkinkan karena terjadi pemisahan bahan pengisi ke dalam matrik karet. Jika nilai kekerasan terlalu tinggi, maka akan menghasilkan kekerasan yang tidak diinginkan. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Boonstra (2005) menyatakan bahwa penggunaan carbon black juga dapat memperbaiki sifat fisis karet. Peningkatan kekerasan kompon terjadi karena kompon dengan penambahan elastomer memiliki derajat ikatan silang yang lebih banyak sehingga dengan meningkatnya derajat ikatan silang maka kompon akan semakin

berikatan kuat dan menyebabkan semakin keras.



Gambar 4. Kekerasan vulkanisat kompon karet

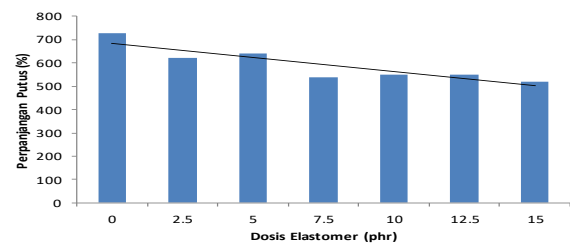
Menurut Phanny *et al.*, (2012), tegangan putus adalah gaya untuk merobekkan bahan persatuan m^3 . Berdasarkan Gambar 5, penambahan elastomer pada percobaan hanya dapat meningkatkan tegangan putus dengan penambahan elastomer pada penambahan elastomer sampai 5 phr, sedangkan pada penambahan selanjutnya nilai tegangan putus semakin menurun. Penurunan nilai tegangan putus dimungkinkan karena hilangnya segmental mobilitas rantai polimer (Li *et al.*, 2008). Sedangkan untuk peningkatan tegangan putus dapat terjadi dikarenakan jumlah *filler* yang meningkat ke dalam matriks polimer, yang terdapat interaksi antara *filler* dan matriks polimernya (Rosszainily, 2016). Tetapi, dalam rumus formulasi kompon tidak digunakan *filler*, tetapi penambahan elastomer sepertinya juga dapat meningkatkan interaksi diantara elastomer dan matriks karet, sehingga dapat menurunkan nilai tegangan putus kompon.



Gambar 5. Tegangan putus vulkanisat kompon

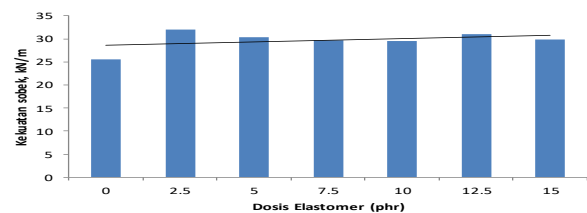
Berdasarkan Gambar 6, penambahan elastomer dapat menurunkan perpanjangan putus kompon vulkanisat. Menurut Grasland, F., *et al* (2019), perpanjangan putus elastomer karet alam tanpa bahan

pengisi juga dapat dilakukan, sifat mekanik kompon dapat membentuk rantai ikatan silang pada karet alam. Disamping itu, banyaknya dosis elastomer yaitu 2,5 phr yang digunakan dalam pembuatan kompon, maka semakin rendah juga sifat kekuatan dan kekenyalan kompon karet alam tersebut (Ashri *et al.*, 2014; Choi *et al.*, 2004). Berdasarkan SNI 06-0899-1989 mengenai lembaran karet cetak untuk sol, bahwa perpanjangan putus ditetapkan sebesar 100%.



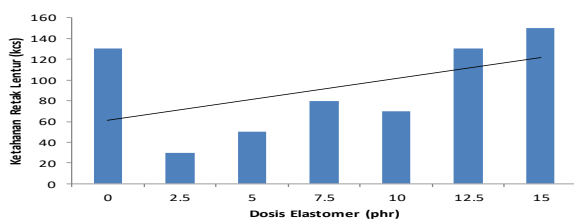
Gambar 6. Perpanjangan putus vulkanisat kompon

Untuk kekuatan sobek vulkanisat kompon, kekuatan sobek didapatkan berdasarkan besarnya tenaga yang digunakan untuk menarik kompon karet sampai pada titik dimana kompon karet tersebut putus (Vachlepi dan Suwardin, 2015; Basseri, 2008). Berdasarkan Gambar 7, penambahan elastomer dapat meningkatkan kekuatan sobek vulkanisat karet jika dibandingkan dengan kontrol. Untuk itu, nilai yang didapatkan melebihi untuk semua formulasi. Hal ini dapat memberikan gambaran bahwa semakin besar dosis elastomer yang dicampurkan ke dalam kompon, maka semakin baik ketahanan kompon yang dihasilkan. Berdasarkan SNI 06-0899-1989 mengenai lembaran karet cetak untuk sol, bahwa kekuatan sobek ditetapkan sebesar 50 kg/cm².



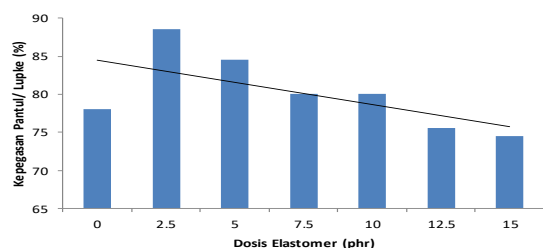
Gambar 7. Kekuatan sobek vulkanisat kompon

Berdasarkan Gambar 8, penambahan elastomer dapat menurunkan nilai ketahanan retak lentur karet. Penelitian yang dilakukan oleh Al-Alkawi *et al.*, (2013) menyatakan bahwa karet alam yang ditambahkan dengan Karet Polybutadiene dapat meningkatkan nilai ketahanan retak lentur pada ban. Dari grafik dapat dilihat bahwa semakin besar komposisi elastomer maka semakin tinggi nilai ketahanan retak lenturnya. Ketahanan retak lentur tertinggi diperoleh pada formulasi kompon A6. Berdasarkan SNI 06-0899-1989 mengenai lembaran karet cetak untuk sol, bahwa nilai ketahanan retak lentur vulkanisat kompon karet adalah 150 kcs atau 150.000 kali tidak boleh retak atau patah untuk pembengkokan.



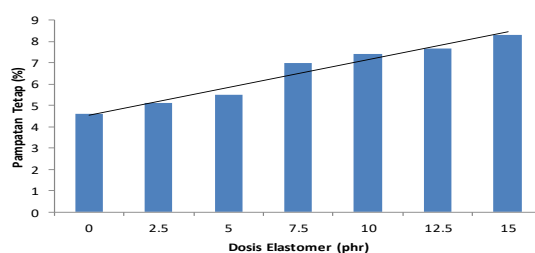
Gambar 8. Ketahanan retak lentur vulkanisat kompon

Uji kepegasan pantul dilakukan untuk mengetahui persentase daya pantul dari vulkanisat karet sebagai gambaran dari hilangnya energi hysteresis. Berdasarkan Gambar 9, penambahan dosis elastomer menurunkan nilai kepegasan pantul karet. Artinya semakin besar dosis elastomer, maka semakin menurun daya pantul dari vulkanisat kompon karet alam tersebut. Untuk SNI terkait dengan parameter kepegasan pantul vulkanisat kompon, yaitu SNI 12-01721987 mengenai sol sepatu kanvas untuk umum adalah sebesar 30%.



Gambar 9. Kepegasan pantul (Lupke) vulkanisat kompon

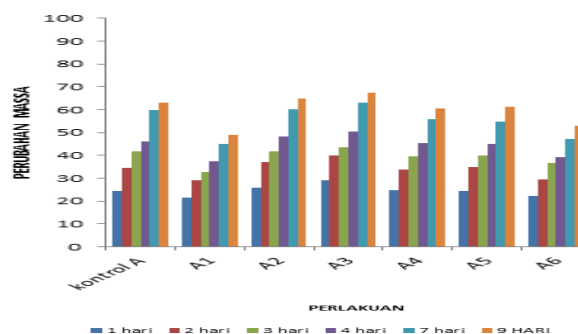
Berdasarkan Gambar 10, penambahan elastomer pada karet dapat meningkatkan nilai pampatan tetap karet, semakin tinggi dosis elastomer maka semakin tinggi juga nilai pampatan tetap karet. Nilai pampatan tetap merupakan pembentukan kembali kompon vulkanisat karet alam pada temperature tertentu (McKeen, L.W. 2015). Hasil penelitian Ali *et al.*, (2017) menyatakan bahwa nilai pampatan tetap yang didapatkan sekitar 8.30 %. Egwaihede *et al.*, (2007) juga melaporkan bahwa terjadi penurunan nilai dari 39% menjadi 5%.



Gambar 10. Pampatan tetap vulkanisat kompon

Pengujian Ketahanan Minyak

Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 11. Dari hasil pengujian, ternyata perlakuan A1 memiliki nilai perubahan massa yang paling rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya, bahkan terhadap perlakuan kontrol. Ini menunjukkan bahwa formulasi kompon A1 berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk dengan sifat ketahanan karet terhadap minyak. Susanto (2019) juga melakukan penelitian terkait dengan ketahanan karet terhadap minyak dengan nilai perubahan massa dibawah 60, berpotensi tahan terhadap minyak.



Gambar 11. Uji ketahanan minyak vulkanisat kompon

KESIMPULAN

Pengaruh elastomer pada karakterisasi pematangan kompon karet menunjukkan bahwa penambahan elastomer 2.5 phr merupakan dosis capaian optimum yang dapat meningkatkan nilai torsi maksimum, delta torsi dan menurunkan waktu *scorch* serta waktu pemasakan optimum. Pengaruh elastomer pada sifat mekanik vulkanisat kompon menunjukkan bahwa penambahan elastomer sampai dengan dosis 5 phr dapat meningkatkan nilai kekerasan, kekuatan sobek, dan pampatan tetap karet. Tetapi, penambahan elastomer juga dapat menurunkan nilai tegangan putus, perpanjangan putus, ketahanan retak lentur, dan nilai kepegasan pantul kompon vulkanisat. Hasil pengujian ketahanan minyak kompon menunjukkan bahwa formula kompon A1 memiliki nilai perubahan massa yang paling kecil sehingga formula kompon ini dapat dikembangkan menjadi produk yang tahan terhadap minyak, yaitu *sparepart* kendaraan bermotor dan selang kompor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Kepala Pusat Penelitian Karet Sembawa atas izin yang diberikan dan pelaksanaan penelitian ini melalui pendanaan *inhouse*.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Alkawi, H.J., Al-Fattal, D.S., dan Abd-Ali, N.K. (2013). The Flexing Fatigue Properties of Filled Rubbery Compounds under Constant and Variable Amplitude. *JKAU: Engineering Science*, 24 No.2, pp: 57-79 (2013 A.D. / 1434 A.H.).
- Alfa, A.A. (2005). Bahan Kimia untuk Kompon Karet. Kursus Teknologi Barang Jadi Karet padat. *Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor*.
- Ali, N.K.A., Farhan, M.M., and Moosa, A.S. (2017). Improvement of Mechanical and Rheological Properties of Natural Rubber for Anti-Vibration Applications. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*. 13(1): 20-27.
- Ashri, A., Yusof, M. S. M., Jamil, M. S., Abdullah, A., Yusoff, S. F. M., Arip, M. N. M., dan Lazim, A. M. (2014). Physicochemical characterization of starch extracted from Malaysian wild yam (*Dioscorea hispida* Dennst.). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26(8), 652.
- Basseri, A. (2008). Pedoman Praktek Pengujian Fisika Karet Alam. *Makalah Kursus Teknologi Barang Jadi Karet. Pusat Penelitian Karet*.
- Boonstra, B.B. (2005) Reinforcement by filler. *J. Rubber Age* 92 (6) : 227±235. Dalam: Marlina, P., F. Pratama, B. Hamzah dan R. Pambayun (2014). Pengaruh Suhu dan lama penyimpanan terhadap karakteristik kompon karet dengan bahan pengisi arang tempurung kelapa dan nano silica sekam padi. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* 25 (1): 43-51.
- Carli, L. N., Roncato, C.R., Zanchet, A., Mauler, R. S., Giovanella, M., Brandalise, R. N., and J.S. Crespo, J.S. (2011). Characterization of natural rubber nanocomposites filled with organoclay as a substitute for silica obtained by the conventional two-roll mill method. *Applied Clay Science*, 52:56-61.
- Choi, S. S., Park, B. H., dan Song, H. (2004). Influence of filler type and content on properties of styrene-butadiene rubber (SBR) compound reinforced with carbon black or silica. *Polymers for Advanced Technologies*, 15(3), 122-127.
- Cordier, P., Tournilhac, F., Soulié-Ziakovic, C. and Leibler, L. (2008). Self-Healing and Thermoreversible Rubber from Supramolecular Assembly. *Nature*, 451 : 977-980.
- Egwaikhede, P. A., Akporhonor, E.E and Okieimen, F.E. (2007). Effect of Coconut Fibre Filler on The Cure

- Characteristics Physico-Mechanical and Swelling Properties of Natural Rubber Vulcanisates. *International Journal of Physical Sciences*. 2(2): 039-046.
- Fathurrohman, M.I. dan Ramadhan, A. (2015). Sifat mekanik vulkanisat campuran karet alam-karet polibutadien dengan bahan pengisi organobentonit terekspansi. *Jurnal Penelitian Karet*, 33(1):65-74.
- Grasland, F., Chazeau, L., Chenal, J.M., Caillard, J., Schach, R. (2019). About the elongation at break of unfilled natural rubber elastomers. *Polymer*, 169 (2019) 195–206.
- Harwood, H. J. (1962). Reactions of The Hydrocarbon Chain of Fatty Acids. *Chemical Reviews*. 62 (2) : 99-154.
- Ibrahim, S.Z., Engku Z.E.Z., Ahmad, M.A., dan Samsuri, A. (2018). Cure Characteristics and Mechanical Properties of Different Accelerator Systems for Thick Rubber Article. *National Symposium on Polymeric Materials 2017 (NSPM 2017)* AIP Conf. Proc. 1985, 040012-1–040012-6; <https://doi.org/10.1063/1.5047189> Published by AIP Publishing. 978-0-7354-1701-4/\$30.00.
- Index Mundi. (2016). *Databoks: 10 Negara Pengekspor Minyak Sawit Dunia*. Sumber : <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2016/10/13/indonesia-negara-pengekspor-minyak-sawit-terbesar-dunia>.
- Jovanovic, V., Simendic, B. J., Jovanovic, S.S., Moarkovic, G., and Concovic, M. M. (2009). The influence of carbon black on curing kinetics and thermal aging of acrylonitrile-butadiene rubber. *Chemical Industry & Chemical Engineering*. 15(4):283-289.
- Kadesch, R. G. (1979). Fat-based Dibasic Acid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 56 (11) : 845A-849A.
- Ketaren, S. (1986). Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. Jakarta : *Universitas Indonesia, Jakarta* : 17-260.
- Kruzellax, J., Dosoudil, R., Sykora, R. dan Hudec, I. (2017). Rubber Composite Cure with Sulphur and Peroxide and Incorporated with Strontium Ferrite. *Bulletin Material Science*, 40 (1) : 223-231.
- Lee, Chung Kyeong., Seo, Jin Gwan., Kim, Hyun Jun., Song, Sung Ho. (2019). Novel green composites from styrene butadiene rubber and palm oil derivatives for high performance tires. *Journal of Applied Polymer Science* 2019. DOI: 10.1002/app.47672
- Lee, Dong Ju., dan Song, Sung Ho. (2019). Investigation of Epoxidized Palm Oils as Green Processing Aids and Activators in Rubber Composites. *Hindawi International Journal of Polymer Science Volume 2019*, Article ID 2152408, 7 pages <https://doi.org/10.1155/2019/2152408>
- Li, Z.H., Zhang, J., and Chen, S.J. (2008). Effects of Carbon Blacks with Various Structures on Vulcanization and Reinforcement of Filled EthylenePropylene-Diene Rubber. *eXPRESS Polymer Letters*, 2(10): 695-704.
- McKeen, L.W. (2015). The Effect of Creep and Other Time Related Factors on Plastics and Elastomers (Third Edition). *Plastics Design Library*, 2015, Pages 1-41.
- Mahajoeno, Edwi, Lay, Bibiana Widiati, Sutjahjo, Suryo Hadi, dan Siswanto. (2008). Potensi Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit untuk Produksi Biogas. *Jurnal Bioversitas*. Volume 9 No. 1.
- Montarnal, D., Cordier, P., Soulié-Ziakovic, C., Tournilhac, F. dan Leibler, L. (2008). Synthesis of Self-Healing Supramolecular Rubbers from Fatty Acid Derivatives, Diethylene Triamine, and Urea. *Journal of Polymer*

- Science*. Part A : Polymer Chemistry, 46 (24) : 7925-7936.
- Mostoni, Silvia., Milana, Paola., Credico. Barbara Di., D'Arienzo., Massimiliano. and Scotti, Roberto. (2019). Zinc-Based Curing Activators: New Trends for Reducing Zinc Content in Rubber Vulcanization Process. *Catalysts* 2019, 9, 664; doi:10.3390/catal9080664
- Naibaho, Ponten M. (1996). Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit, Medan : *Pusat Penelitian Kelapa Sawit*
- Phanny, Y., Azura, A.R., and Ismail, H. (2012). Effect of Different Origins of Natural Rubber on The Properties of Carbon Black Filled Natural Rubber Composites. *ASEAN Engineering Journal Part B*. 2(1): 60-67
- Pornprasit, R., Pornprasit, P., Boonma, P., dan Natwichai, J. (2016). Determination of the Mechanical Properties of Rubber by FT-NIR Hindawi Publishing Corporation. *Journal of Spectroscopy*, Volume 2016, Article ID 4024783, 7 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/4024783>.
- Purbaya, Mili. (2013). Synthesis and Characterization of Supramolecular Polymer Based On Linoleic Acid of Sunflower Oil. Program Master. *Universiti Teknologi Malaysia. Malaysia*.
- Purbaya, M., Mohd Nor, H. dan Suwardin, D. (2015). Synthesis of Sunflower Oil Based Elastomer and Its Characterization by Using Spectroscopic Technique. *Macromolecule Symposium* 353 : 161-167.
- Rosszainily, I.R.A., Salim, M.A., Mansor, M.R., Akop, M.Z., Putra, A., Musthafah, M.T., Hassan, M.Z., Rahman, M.N.A and Sudin, M.N. (2016). Effect of Carbon Black fillers on Tensile Stress of Unvulcanized Natural Rubber. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences (JMES)*. 10(2): 2043-2052.
- Simeh, M. A. (2004). 'Comparative advantage of the European rapeseed industry vis-a vis other oil and fat producers, *Oil Palm Industry Economic Journal*, 4(2), 14-21.
- Song, Sung Ho. (2018). The Effect of Palm Oil-Based Hybrid Oils as Green Multifunctional Oils on the Properties of Elastomer Composites. *Polymers* 2018, 10, 1045; doi:10.3390/polym10091045
- Sunarko, Budidaya dan Pengolahan Kebun Kelapa Sawit Dengan Sistem Kemitraan. Jakarta. *Agromedia Pustaka*. (2009).
- Susanto, Tri. (2019). Tensile and oil resistance properties of chloroprene added in epoxidized natural rubber, nitrile butadiene rubber, and poly vinyl chloride blends. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 509 (2019) 012146 IOP Publishing doi:10.1088/1757899X/509/1/012146
- Susila, W. R. (1998). 'Daya saing dan efisiensi penggunaan sumberdaya minyak sawit mentah (CPO) Indonesia', *Jurnal Agribisnis*, 2(2): 16-30).
- Vachlepi, A dan Suwardin, D. (2015). Kajian pembuatan kompon karet alam dari bahan pengisi abu briket batubara dan arang cangkang sawit. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 26(1) : 1-19.
- Wahyuni, Sri. (2013). Panduan Praktis Biogas. *Penebar Swadaya. Jakarta*.